

## T0003 – Capteurs de force MilliNewton & CentoNewton Déviation du comportement ratiométrique

Thomas Maeder, 16.7. 2014 (remplace la version 2004-04-22)

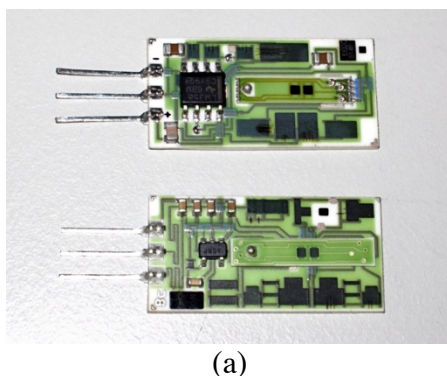
### Résumé

*Ce document porte sur la déviation de la sortie des capteurs de force MilliNewton et CentoNewton vs un comportement ratiométrique idéal. Ces capteurs sont alimentés par une seule tension de nominale +5 V et, comme ils n'ont pas de régulateur de tension, leur réponse devrait être idéalement "ratiométrique", i.e. proportionnelle à la tension d'alimentation, dans la gamme permise par l'amplificateur opérationnel utilisé. Cependant, en raison des caractéristiques de l'amplificateur (offset non linéaire) une déviation substantielle de l'offset du capteur (signal à charge nulle) de ce comportement idéal peut apparaître si la tension d'alimentation est significativement différente de 5 V. En revanche, le span reste essentiellement ratiométrique, et la fonctionnalité du capteur est maintenue.*

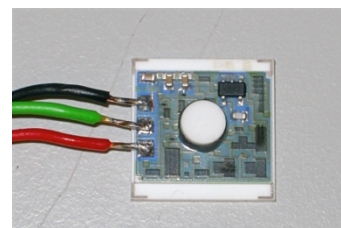
### 1. Introduction

Les capteurs à sortie ratiométriques (figure 1) permettent une bonne précision à peu de frais dans les applications où un capteur est connecté localement à une électronique de mesure à microcontrôleur muni d'un convertisseur A/D. En utilisant le même régulateur de tension pour le capteur et la référence du convertisseur, les erreurs s'annulent idéalement, et on obtient une mesure précise sans avoir besoin d'un régulateur précis et cher.

Les résistances du pont de mesure sont très linéaires aux bas champs électriques utilisés. L'offset de l'amplificateur, en revanche, n'est pas du tout proportionnel à la tension d'alimentation.



(a)



(b)

Figure 1. Capteurs MilliNewton-A/B (a, haut/bas) et CentoNewton-B (b).

## 2. Expériences

L'offset de capteurs de force MilliNewton-A/B [1,2] et CentoNewton-B [3] (figure 1) a été mesuré en variant la tension d'alimentation selon la puce amplificatrice utilisée (tableau 1) [4-6]. L'échelle de mesure a aussi été mesurée pour MilliNewton-A.

Le décalage de l'offset vs un comportement ratiométrique  $\Delta s_0$  est calculé comme suit :

$$\Delta s_0 = (u_0 - u_{0n}) / S$$

$$\text{où : } u = U / U_a$$

$u_0$	offset ratiométrique
$u_{0n}$	offset ratiométrique à tension nominale d'alimentation
$S$	pleine échelle ( <i>span</i> ) ratiométrique
$u$	toute tension ratiométrique
$U$	toute tension mesurée (absolue)
$U_a$	tension d'alimentation

Pour tous les capteurs testés ici, les valeurs nominales de sortie sont  $u_0 = 0.100$  et  $S = 0.600$ .

Capteur	Référence	Puce ampli- ficateur [4-6]	Nombre de capteurs testés	Tension d'alim. nominale / max. [V]	Plage de tension testée [V]
MilliNewton-A	6800-6809	LM358	10	5.0 / 30.0	4.0 ... 10.0
MilliNewton-B	2014m234	MAX4400	10	5.0 / 5.5	2.0 ... 5.5
CentoNewton-B	2014c131	MCP601	7	5.0 / 5.5	2.0 ... 5.5

**Tableau 1. Données sur les capteurs testés. Une alimentation au-delà des maxima indiqués entraîne probablement un endommagement des circuits intégrés d'amplification.**

## 3. Résultats

Les résultats des offset mesurés (valeurs moyennes et extrema) sont données aux figures 2-4. Les amplificateurs utilisés peuvent présenter des valeurs d'offset importantes, ce qui entraîne des déviations substantielles de l'offset par rapport à un comportement ratiométrique. En revanche, la fonctionnalité est maintenue dans tous les cas.

La figure 5 montre la variation de pleine échelle (*span*) en fonction de la tension d'alimentation. Les changements observés en-dessous de 5 V et au-dessus de 6 V, sont très probablement dus à des légères erreurs de mise en charge (la mesure du *span* est plus incertaine, en raison du petit cantilever) plus tard dans le test, comme le montrent les mêmes résultats représentés en ordre chronologique (figure 6).

## 4. Conclusions

L'offset peut dévier substantiellement d'un comportement ratiométrique en fonction de la tension d'alimentation, en raison des valeurs d'offset non-linéaires des puces amplificatrices. Autrement, le capteur reste fonctionnel, avec des déviations minimales sensibilité. Les capteurs peuvent donc être utilisés à d'autres tensions que la valeur nominale, tant qu'un décalage d'offset peut être accommodé (p.ex. par calibration).

Les caractéristiques des différentes puces utilisées méritent cependant quelques mises en garde :

- a) **MilliNewton-A à basse tension d'alimentation.** Une alimentation nettement sous +5 V, rogne la part supérieure de la gamme de mesure, car la sortie du LM358 sature à  $\sim 1.3\text{--}1.4$  V sous la tension d'alimentation.
- b) **MilliNewton-A à tension d'alimentation élevée.** Bien que le LM358 permette une tension élevée, on doit s'attendre à une dérive thermique due à la dissipation plus élevée du pont de mesure et de la puce ; à 30 V, le capteur dissipe  $\sim 150$  mW.
- c) **MilliNewton-B & CentoNewton-A/B.** Les puces amplificatrices ont des sorties *rail-to-rail* (atteignant quasiment les niveaux d'alimentation), et ne sont donc pas sujettes à la restriction du LM358 (a). En revanche, le mode commun d'entrée n'étant pas *rail-to-rail*, une alimentation minimale de  $\sim 3.0$  V est recommandée pour permettre un fonctionnement correct (bien que les résultats semblent permettre des valeurs plus faibles). Aller au-delà de la valeur nominale de 5 V n'est pas recommandé, car cela peut facilement endommager les puces basse tension utilisées dans ces produits.

## 5. Références

- [1] Fiche technique, MilliNewton-A, EPFL-LPM, Lausanne (CH), version 2004-04-22.
- [2] Fiche technique, MilliNewton-B, EPFL-LPM, Lausanne (CH), version 2012-08-24.
- [3] Fiche technique, CentoNewton-B, EPFL-LPM, Lausanne (CH), version 2013-01-11.
- [4] Fiche technique "LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers", National Semiconductor (USA), 1999.
- [5] Fiche technique "MAX4400-MAX4403 Single/dual/quad, low-cost, single-supply, rail-to-rail Op amps with shutdown", Maxim Integrated, 19-1599, rev. 3, 2001.
- [6] Fiche technique "MCP601/1R/2/3/4 2.7V to 6.0V Single Supply CMOS Op Amps", Microchip Technology (USA), DS21314G, 2007.

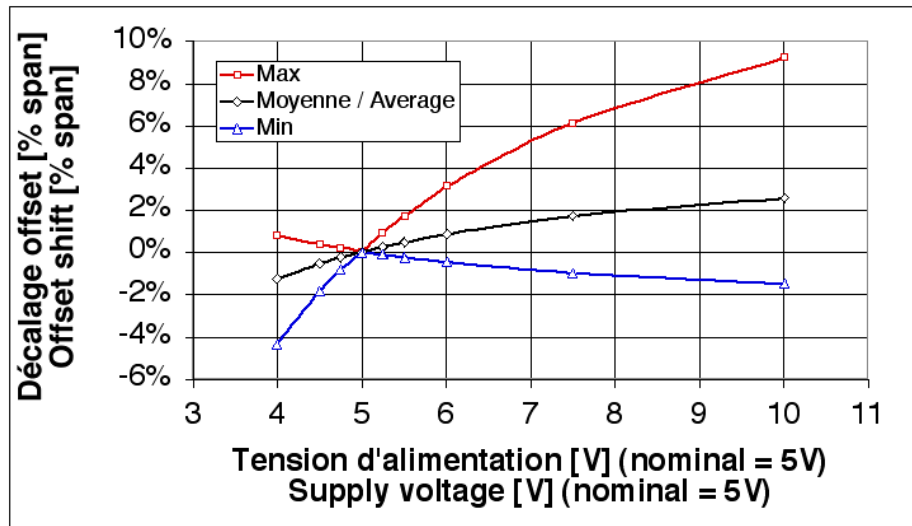


Figure 2. MilliNewton-A: déviation de l'offset du comportement ratiométrique.

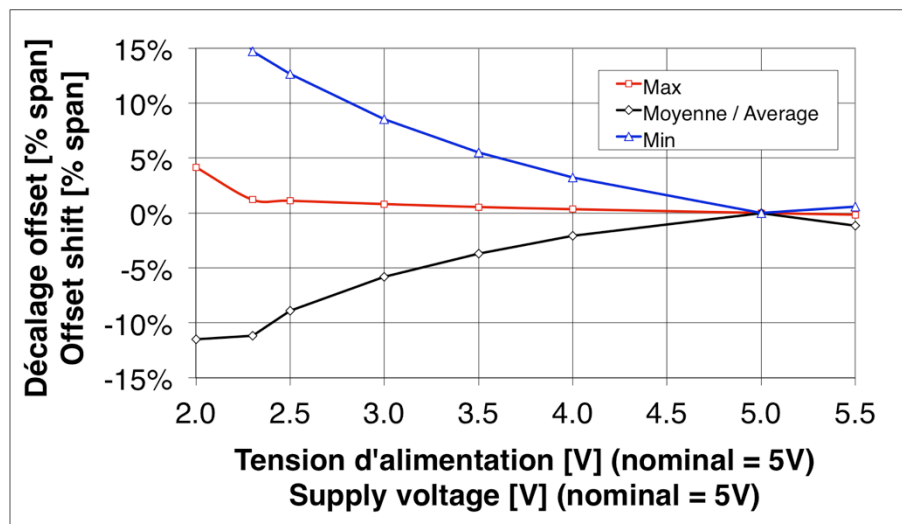


Figure 3. MilliNewton-B: déviation de l'offset du comportement ratiométrique.

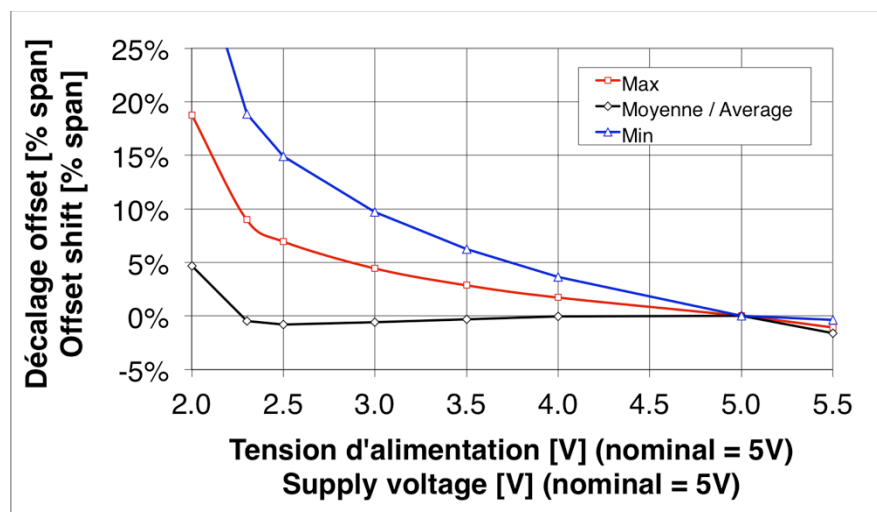


Figure 4. CentoNewton-B: déviation de l'offset du comportement ratiométrique.

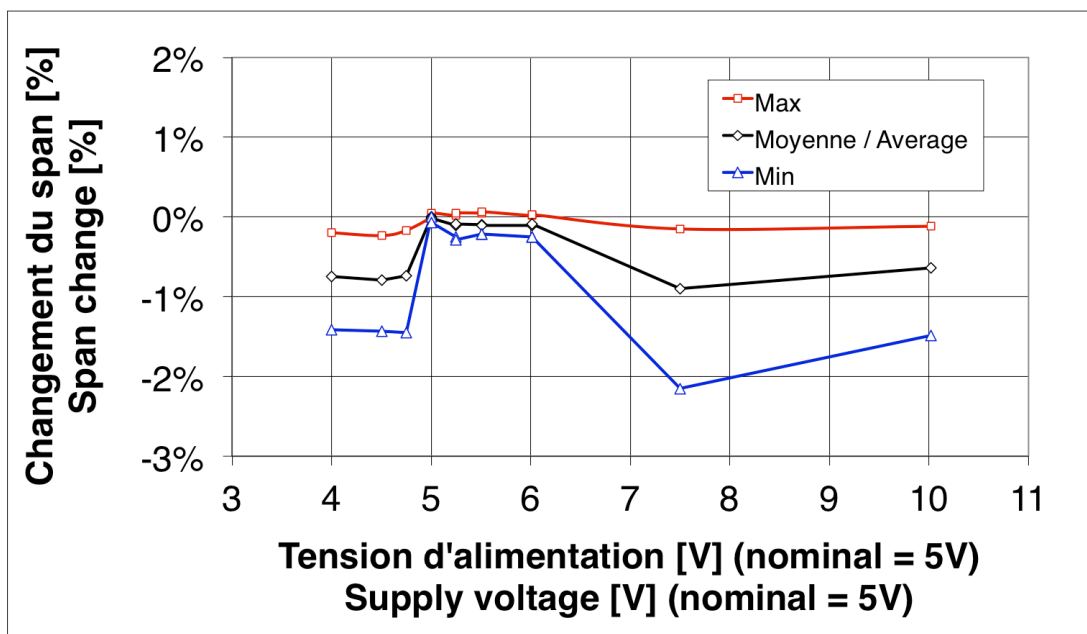


Figure 5. MilliNewton-A: variation de pleine échelle vs. tension d'alimentation (en ordre de tension croissante).

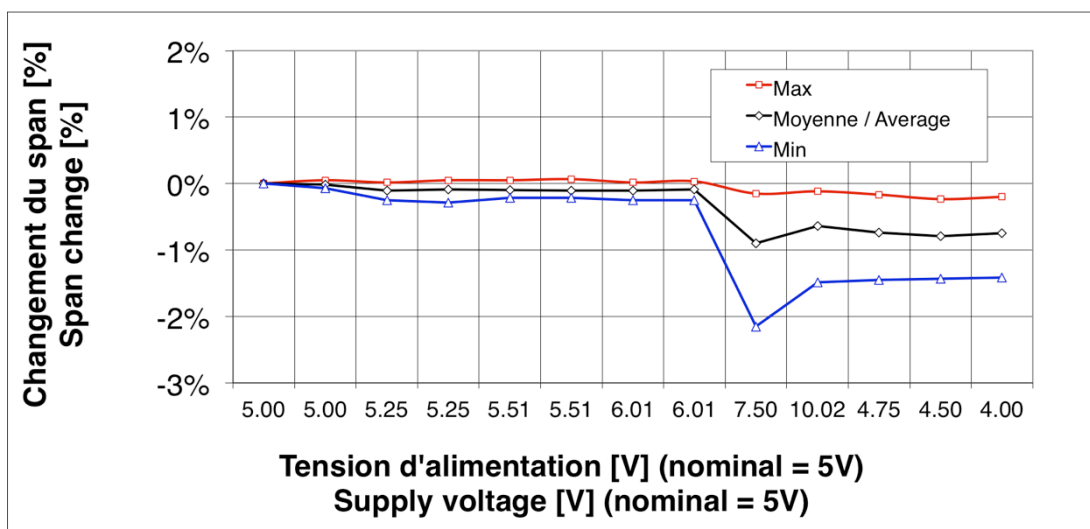


Figure 6. MilliNewton-A: variation de pleine échelle vs. tension d'alimentation (en ordre chronologique).